

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 287**

51 Int. Cl.:

E02D 1/02 (2006.01)

G01N 19/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2021** **PCT/NL2021/050404**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2022** **WO22025755**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2021** **E 21737196 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2024** **EP 4189170**

54 Título: **Sistema de prueba**

30 Prioridad:

30.07.2020 NL 2026168

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.02.2025

73 Titular/es:

IQIP HOLDING B.V. (100.00%)

Molendijk 94

3361 EP Sliedrecht, NL

72 Inventor/es:

WINKES, JASPER STEFAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 999 287 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de prueba

La presente invención se refiere a un sistema de prueba y a un método de prueba. En particular, pero no exclusivamente, la presente invención se refiere a un sistema de prueba para determinar las características del terreno y a un método para determinar dichas características del terreno para pilotaje.

Antecedentes

Para introducir un pilote en el terreno en alta mar, normalmente se deja caer un ariete o un martillo sobre la parte de arriba del pilote desde una cierta altura. Se sabe que las características del suelo en el que se pretende introducir un pilote pueden afectar a la capacidad de introducción del pilote y al diseño general del pilote elegido. Los sistemas de prueba se utilizan como una forma de predecir las características del suelo, a partir de las cuales se pueden elegir los parámetros adecuados para introducir el pilote (por ejemplo, el nivel de energía del martillo o el número de golpes del ariete o del martillo necesarios para introducir el pilote hasta una posición final).

Estas pruebas conocidas incluyen una prueba de penetración de cono (CPT), que mide: resistencia de la punta; fricción del árbol; y/o presión de agua intersticial. Para una CPT, todas las mediciones se realizan en la punta del elemento de prueba a medida que se introduce hacia abajo en el suelo. Por lo tanto, las características del suelo en cada elevación se miden solo una vez a medida que el elemento de prueba se introduce en el terreno. Sin embargo, las características del suelo, tal como la fricción del suelo, pueden cambiar a medida que se introduce un pilote en el terreno (causado por un mecanismo que normalmente se conoce como fatiga por fricción del suelo). Por lo tanto, pueden existir grandes desviaciones entre las características predichas a partir de dichas pruebas y las características finales.

En uso, los monopilotes pueden estar sujetos a grandes momentos de vuelco como resultado de las olas que actúan sobre los cimientos y del viento que actúa sobre el rotor de la turbina eólica. Estos momentos pueden ser grandes, por ejemplo, hasta 1GNm. Los métodos de prueba actuales carecen de una forma eficaz de evaluar la idoneidad del suelo para soportar un pilote sujeto a tales momentos.

Sería útil proporcionar un sistema/método de prueba mejorado para determinar mejor las diversas características del suelo, de modo que se puedan realizar predicciones más precisas para el pilotaje y el comportamiento in situ.

El documento WO 02/06793 A 1 divulga un accesorio de penetrómetro de funda de fricción múltiple que proporciona la capacidad única de obtener una pluralidad de mediciones de fricción de funda en cada profundidad de medición dentro de un solo sondeo.

El documento CN 106223305 B divulga un penetrómetro dinámico que considera automáticamente la corrección de energía y la respuesta dinámica, y el penetrómetro incluye un peso que cae, una cola estabilizada y una varilla de sonda en secuencia de arriba a abajo; en donde el extremo superior de la varilla de sonda está conectado con la aleta estabilizadora, el tercer extensómetro está instalado simétricamente en la pared interior del extremo superior de la varilla de sonda, y el segundo sensor de aceleración está dispuesto simétricamente en el extremo inferior de la aleta estabilizadora.

El documento CN 110080194 A divulga un instrumento de inyección de presión de exploración que comprende un dispositivo de soporte de fuerza y un dispositivo de potencia, el dispositivo de soporte de fuerza comprende un sistema de conexión y un sistema de presión y elevación, el sistema de conexión comprende un sensor de presión y un mandril, y el sensor de presión está fijado al mandril y dispuesto entre el mandril y el dispositivo de potencia.

Resumen de la invención

Ciertas realizaciones de la invención proporcionan la ventaja de que se pueden realizar determinaciones más precisas de las características del suelo, lo que puede informar y posteriormente mejorar las operaciones de pilotaje. Las realizaciones de acuerdo con la invención se exponen en las reivindicaciones independientes y otras realizaciones específicas se exponen en las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de prueba según se define en la reivindicación 1.

La provisión de un elemento de prueba alargado con un conjunto de dos o más (o una pluralidad de) sensores intercalados a lo largo del cuerpo del mismo permite medir repetidamente una característica del terreno a una profundidad o nivel de elevación determinados a medida que el elemento de prueba se introduce en el terreno (es decir, medido por cada sensor a medida que pasa la profundidad determinada). Como tal, el efecto del proceso de introducción en la característica del terreno se puede analizar para proporcionar una caracterización del terreno más precisa que se puede utilizar para realizar las operaciones de pilotaje correspondientes (es

decir, a mayor escala). Además, el sistema proporciona mediciones in situ, lo que permite la optimización de la cimentación, lo que da como resultado una cimentación más eficiente a través de un diseño optimizado.

La comparación directa de la información proporcionada sobre un nivel de elevación o profundidad particular por diferentes sensores (es decir, proporcionada cuando el elemento de prueba ha alcanzado una profundidad diferente) permite una mejor caracterización del terreno, en particular una caracterización dinámica mejorada.

Los sensores de fricción permiten medir la resistencia a la introducción que experimenta el elemento de prueba.

La fricción se puede determinar a través de mediciones locales en el elemento de prueba o se puede determinar a través de una medición de la tensión en el elemento de prueba, entre dos posiciones en el elemento de prueba, mientras que la diferencia de tensión se puede atribuir a la fricción del árbol (y potencialmente al componente de inercia) del elemento de prueba entre las dos posiciones.

Por ejemplo, adecuadamente, al menos uno de los sensores de fricción incluye o está posicionado en un elemento de funda que rodea una sección del cuerpo longitudinal y/o, adecuadamente, al menos uno de los sensores de fricción está configurado para determinar la diferencia entre la tensión o deformación axial en el cuerpo longitudinal en diferentes posiciones longitudinales en el cuerpo longitudinal. Como el controlador está configurado para determinar el cambio en la resistencia a la introducción del elemento de prueba a medida que el elemento de prueba se introduce hacia el terreno, se puede caracterizar la fatiga por fricción del terreno circundante.

Adecuadamente, el elemento de prueba comprende al menos un conjunto adicional de dos o más sensores intercalados a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal, estando configurado cada uno de los dos o más sensores para proporcionar información sobre una característica adicional del terreno. Como tal, se proporciona un único elemento de prueba que puede producir una caracterización del terreno más completa, incluyendo información sobre múltiples características del terreno (por ejemplo, al menos una de fricción, presión de agua intersticial, aceleración) y cómo varía esta característica a medida que el elemento de prueba se introduce en el terreno.

Adecuadamente, los dos o más sensores del conjunto adicional de sensores son sensores de presión de agua. Adecuadamente, el medio de introducción es un ensamblaje de introducción de pilotes. Adecuadamente, el ensamblaje de introducción de pilotes es un ensamblaje de introducción de pilotes continuo o discontinuo.

Adecuadamente, el sistema comprende además un ensamblaje de sujeción y/o un tope unido de forma extraíble al elemento de prueba, en donde la fuerza de introducción se transfiere al elemento de prueba a través del ensamblaje de sujeción o tope.

Adecuadamente, el sistema comprende además un conjunto de al menos un sensor de aceleración.

Adecuadamente, el ensamblaje de introducción de pilotes comprende:

una carcasa que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y medios de activación acoplados a la cámara,

en donde la activación de los medios de activación desplaza la cámara con respecto al elemento de prueba, de modo que la cámara se aleja del elemento de prueba, y

en donde los medios de activación están configurados para liberar la cámara para desplazarla hacia el elemento de prueba de modo que la cámara ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba, para introducir de forma controlada el pilote en el terreno.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para determinar características del terreno según se define en la reivindicación 8.

Adecuadamente, el método comprende además determinar, utilizando al menos un conjunto adicional de dos o más sensores intercalados a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal, información sobre una característica adicional del terreno.

Adecuadamente, el método comprende además el paso de extraer el elemento de prueba del terreno.

Adecuadamente, el cuerpo longitudinal comprende una pluralidad de segmentos, en donde el elemento de prueba se introduce en el terreno introduciendo al menos parcialmente un primer segmento del cuerpo longitudinal en el terreno; uniendo un segmento adicional del cuerpo longitudinal a un extremo del primer segmento; e introduciendo al menos parcialmente el segmento adicional del cuerpo longitudinal en el terreno.

Adecuadamente, el medio de introducción comprende:

una carcasa que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y un medio de activación acoplado a la cámara,

en donde el método comprende además los pasos de:

- 5 proporcionar al ensamblaje de introducción de pilotes la cámara en una disposición coaxial con el elemento de prueba;
- activar los medios de activación de manera que la cámara se aleje del elemento de prueba; y
- activar además los medios de activación para liberar la cámara de manera que la cámara se desplace hacia el elemento de prueba y ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba, para introducir de manera controlada el elemento de prueba en el terreno.
- 10 En un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención reivindicada, se proporciona un elemento de prueba para determinar las características del terreno, el elemento de prueba que comprende:
el elemento de prueba que comprende:
un cuerpo longitudinal configurado para recibir una fuerza de introducción de un medio de introducción y un extremo de penetración; y
- 15 al menos dos sensores de rigidez lateral espaciados entre sí a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal;
en donde cada uno de los al menos dos sensores de rigidez lateral está configurado para determinar la rigidez lateral del terreno a un nivel de elevación correspondiente una vez que el elemento de prueba se introduce a una profundidad predeterminada.
- 20 La disposición de un elemento de prueba alargado con al menos dos o una pluralidad de sensores de rigidez lateral permite caracterizar un perfil de rigidez lateral del terreno que rodea el elemento de prueba a medida que aumenta la profundidad. Esto proporciona información para permitir los preparativos para determinar la idoneidad del terreno para los momentos esperados aplicados al pilote. Adecuadamente, los al menos dos sensores de rigidez lateral comprenden un primer sensor espaciado a una primera distancia del extremo de penetración y un segundo sensor espaciado a una segunda distancia, más grande, del extremo de penetración.
- 25 Adecuadamente, al menos uno de los sensores de rigidez lateral comprende un elemento de sonda que tiene:
una posición extendida en la que el elemento de sonda sobresale del cuerpo longitudinal; y
una posición retraída en la que el elemento de sonda está alojado dentro del cuerpo longitudinal.
- 30 Adecuadamente, el al menos un sensor de rigidez lateral comprende un elemento de activación configurado para activar el elemento de sonda desde su posición retraída hasta su posición extendida. Adecuadamente, el elemento de activación comprende una manga inflable o un cilindro hidráulico. Adecuadamente, el al menos un sensor de rigidez lateral comprende medios de medición configurados para medir la fuerza requerida para mover el elemento de sonda desde su posición retraída hasta su posición extendida y/o para medir la distancia en la que el elemento de sonda sobresale del elemento de prueba en su posición extendida.
- 35 Adecuadamente, al menos uno de los sensores de rigidez lateral comprende además un sensor de presión de agua para determinar la presión de agua intersticial.
- En un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención reivindicada, se proporciona un sistema de prueba para determinar las características del terreno, el sistema de prueba que comprende:
un medio de introducción; y
un elemento de prueba,
- 40 en donde el ensamblaje de introducción de pilotes está configurado para suministrar una fuerza de introducción a la superficie de introducción del elemento de prueba para introducir el elemento de prueba en el terreno.
Adecuadamente, el medio de introducción es un ensamblaje de introducción de pilotes.
Adecuadamente, el ensamblaje de introducción de pilotes comprende:
- 45 una carcasa que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y medios de activación acoplados a la cámara,
en donde la activación de los medios de activación desplaza la cámara con respecto al elemento de prueba, de modo que la cámara se aleja del elemento de prueba, y

en donde los medios de activación están configurados para liberar la cámara para desplazarla hacia el elemento de prueba de modo que la cámara ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba, para introducir de forma controlada el pilote en el terreno.

- 5 Adecuadamente, el sistema comprende además un ensamblaje de sujeción y/o un tope unido de forma extraíble al elemento de prueba, en donde la fuerza de introducción se transfiere al elemento de prueba a través del ensamblaje de sujeción o tope.

En un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención reivindicada, se proporciona un método para determinar las características del terreno, en donde el método comprende:

proporcionar un elemento de prueba que comprende:

- 10 un cuerpo longitudinal configurado para recibir una fuerza de introducción desde un medio de introducción y un extremo de penetración; y

al menos dos sensores de rigidez lateral en donde cada uno de los al menos dos sensores de rigidez lateral está configurado para determinar la rigidez lateral del terreno;

introducir el elemento de prueba en el terreno hasta una profundidad predeterminada; y

- 15 determinar la rigidez lateral del terreno en niveles de elevación correspondientes a cada uno de los sensores de rigidez lateral utilizando los al menos dos sensores de rigidez lateral.

Adecuadamente, el paso de determinar la rigidez lateral del terreno utilizando un sensor de rigidez lateral comprende activar el sensor de rigidez lateral para mover un elemento de sonda desde una posición retraída en la que el elemento de sonda está alojado dentro del cuerpo longitudinal a una posición extendida en la que el elemento de sonda sobresale del cuerpo longitudinal. Adecuadamente, el medio de introducción comprende:

- 20 una carcasa que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y medios de activación acoplados a la cámara,

en donde el método comprende además los pasos de:

- 25 proporcionar al ensamblaje de introducción de pilotes la cámara en una disposición coaxial con el elemento de prueba;

activar los medios de activación de manera que la cámara se aleje del elemento de prueba; y

activar además los medios de activación para liberar la cámara de manera que la cámara se desplace hacia el elemento de prueba y ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba, para introducir de manera controlada el elemento de prueba en el terreno.

- 30 En un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención reivindicada, se proporciona un método para modelar la capacidad lateral de pilotes del terreno, en donde el método comprende:

proporcionar un elemento de prueba que comprende:

un cuerpo longitudinal configurado para recibir una fuerza de introducción de un medio de introducción y un extremo de penetración; y

- 35 al menos dos sensores de rigidez lateral en donde cada uno de los al menos dos sensores de rigidez lateral está configurado para determinar la rigidez lateral del terreno;

introducir el elemento de prueba en el terreno hasta una profundidad predeterminada;

determinar la rigidez lateral del terreno en niveles de elevación correspondientes a cada uno de los sensores de rigidez lateral utilizando el sensor de rigidez lateral; y

- 40 utilizar la rigidez lateral para predecir la capacidad lateral del pilote en el terreno.

A lo largo de la descripción se hace referencia a "características del terreno". Como se utiliza en este documento, esta expresión pretende indicar una propiedad del terreno, por ejemplo, el terreno en el que se puede introducir un pilote (por ejemplo, terreno o arena). Las características del terreno incluyen, entre otras, la fricción del terreno (es decir, la fricción que experimenta un objeto, tal como un pilote cuando se mueve a través del terreno o dentro de él), la rigidez del terreno (es decir, la resistencia a la deformación del terreno cuando se somete a una carga aplicada, por ejemplo, la rigidez lateral o radial del suelo), la presión del agua intersticial (es decir, la presión del agua dentro de los poros definidos dentro del terreno) y la resistencia axial (de la punta) del pilote. Específicamente, las características del terreno descritas en este documento son aquellas relacionadas con, o que tienen un efecto sobre, las operaciones de pilotaje.

Como se utiliza en este documento, la expresión "profundidad del terreno" se entenderá como una profundidad por debajo de la superficie del terreno. Por ejemplo, en el contexto de introducir un pilote o un elemento de prueba en el terreno, la profundidad del terreno del pilote o del elemento de prueba se entenderá como la profundidad alcanzada por un extremo de penetración del mismo.

- 5 Como se utiliza en este documento, la expresión "nivel de elevación" se entenderá que es, en general, intercambiable con "profundidad del terreno". Es decir, un "nivel de elevación" es una profundidad por debajo de una superficie del terreno. Sin embargo, en el contexto de introducir un pilote o un elemento de prueba en el terreno, para evitar confusiones con la "profundidad del terreno" del pilote/elemento de prueba en su conjunto, un "nivel de elevación" puede referirse a otra profundidad por debajo de una superficie del terreno que no sea la profundidad alcanzada por un extremo de penetración del mismo. Por ejemplo, el "nivel de elevación" puede ser una distancia desde la superficie del terreno alcanzada por una sección del pilote/elemento de prueba una vez que el extremo de penetración del mismo se ha introducido hasta una profundidad del terreno especificada (por ejemplo, la posición del terreno correspondiente a un sensor posicionado en un elemento de prueba). Se entenderá que el "nivel de elevación" puede referirse a una profundidad discreta (por ejemplo, 10 m) o un nivel de profundidad (por ejemplo, 10-12 m), que puede corresponder, por ejemplo, a un estrato o capa de suelo/material dentro del terreno.

- 20 Como se utiliza en este documento, la expresión "fuerza de introducción" se entenderá como una fuerza o presión aplicada para introducir o empujar un objeto en una dirección particular. Por ejemplo, una fuerza motriz ejercida por un medio de introducción sobre un elemento de prueba es una fuerza utilizada para introducir o introducir el elemento de prueba hacia el terreno.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describen realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de un elemento de prueba;

La figura 2 ilustra una vista ampliada de un segmento del elemento de prueba de la figura 1;

- 25 La figura 3 ilustra una vista en perspectiva de un sistema de prueba que incluye el elemento de prueba;

La figura 4 ilustra una vista ampliada de una región dentro del sistema de prueba de la figura 3;

La figura 5 ilustra una vista interna en perspectiva de un sensor en un elemento de prueba;

La figura 6a ilustra una vista en perspectiva de un elemento de prueba con un sensor en una posición retraída; y

- 30 La figura 6b ilustra la vista en perspectiva del elemento de prueba de la figura 6a con el sensor en una posición extendida.

En los dibujos, los numerales de referencia similares se refieren a partes similares.

Descripción detallada

- 35 La presente divulgación se relaciona con sistemas y métodos para determinar las características del terreno para ayudar en la colocación de monopilotes o similares. Los sistemas y métodos divulgados en este documento están destinados adecuadamente, pero no exclusiva, para su uso en aplicaciones en alta mar, por ejemplo, pilotaje submarino, aunque algunos aspectos de la divulgación también pueden usarse para aplicaciones en tierra.

- 40 La figura 1 muestra un elemento de prueba 100 para determinar las características del terreno. Por ejemplo, el elemento de prueba 100 puede usarse para determinar las características del terreno en preparación para operaciones de pilotaje, es decir, la introducción de pilotes o estructuras similares en el terreno.

El elemento de prueba 100 incluye un cuerpo longitudinal 110. Es decir, el elemento de prueba 100 incluye un cuerpo alargado o delgado que se extiende longitudinalmente.

- 45 En este ejemplo, el cuerpo longitudinal 110 comprende una varilla o un elemento tubular. En este ejemplo, el cuerpo longitudinal incluye una pluralidad de segmentos 120, que pueden atornillarse juntos en una disposición de "extremo con extremo". Sin embargo, en otros ejemplos, el cuerpo longitudinal puede ser una sola pieza.

- 50 En este ejemplo, el cuerpo longitudinal 110 tiene un extremo de penetración 114. El extremo de penetración 114 está configurado para ser la primera parte del elemento de prueba 100 que ingresa al terreno durante la introducción. En algunos ejemplos, el extremo de penetración 114 puede estar ahusado para permitir una entrada más fácil en el terreno.

En general, el elemento de prueba 100 tiene un tamaño que lo hace más pequeño que las estructuras de "producto final" que se van a introducir en el terreno, por ejemplo, un monopilote o similar. Más específicamente, el elemento de prueba 100 puede tener un tamaño que lo hace una versión generalmente a escala reducida del monopilote. Debe entenderse que el elemento de prueba 100 puede no ser hueco como un monopilote. Como tal, el elemento de prueba 100 puede introducirse en el terreno para proporcionar datos de prueba que ayuden a informar sobre la instalación de las estructuras de "producto final" a escala real.

Por ejemplo, el elemento de prueba 100 puede tener dimensiones reducidas con respecto a un monopilote de tamaño real en una proporción de aproximadamente 1:50 a aproximadamente 1:200, apropiadamente 1:100. Por ejemplo, el elemento de prueba puede tener un diámetro de aproximadamente 5 cm a aproximadamente 30 cm, apropiadamente de aproximadamente 12 cm a 25 cm. En un ejemplo particular, para un monopilote con un diámetro de 10 m y un grosor de pared de aproximadamente 8 cm (por ejemplo, un pilote de tubo hueco), se puede utilizar un elemento de prueba 100 que tenga un diámetro de 18 cm (para una varilla maciza).

El elemento de prueba 100 puede tener una longitud de entre aproximadamente 15 m y aproximadamente 50 m, apropiadamente entre aproximadamente 20 m y 35 m de longitud.

El elemento de prueba 100 incluye al menos un conjunto de sensores 130, 140. En este ejemplo, el elemento de prueba incluye un primer conjunto de sensores 130 y un segundo conjunto de sensores 140. Haciendo referencia únicamente al conjunto 130 para simplificar (pero igualmente aplicable al conjunto 140), el primer conjunto de sensores 130 incluye al menos dos sensores. Se puede utilizar cualquier número adecuado de sensores 130 en el primer conjunto. Por ejemplo, puede haber 5, 10, 15, 20 o más sensores espaciados a lo largo de la longitud del elemento de prueba 100. En la sección ilustrada en la Figura 2, se ilustran tres sensores 130a-c. Para simplificar, se hará referencia a estos sensores 130a-c al describir el conjunto de sensores 130.

Los sensores 130a-c están configurados para proporcionar información sobre una característica de terreno. Es decir, cada uno de los sensores 130a-c está configurado para proporcionar información sobre la misma característica de terreno. En otras palabras, en general, los sensores 130a-c dentro del conjunto 130 son idénticos, o idénticos en función. El segundo conjunto de sensores 140 está configurado para proporcionar información sobre una característica de terreno diferente. En otras palabras, cada sensor 140a-c dentro del segundo conjunto de sensores 140 está configurado para proporcionar información sobre la misma característica de terreno, diferente de la característica de terreno de los sensores 130a-c.

Cada uno de los sensores 130a-c en el conjunto 130 está espaciado a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 110. Por ejemplo, el conjunto de sensores 130 incluye un primer sensor 130a espaciado a una primera distancia del extremo de penetración 114 y un segundo sensor 130b espaciado a una segunda distancia, más grande, del extremo de penetración 114 (y otros sensores espaciados a una distancia creciente del extremo de penetración 114). En otras palabras, los sensores 130a-c, 140a-c en cada conjunto 130, 140 están espaciados entre sí de los demás sensores en ese conjunto 130, 140 de tal manera que la longitud del cuerpo longitudinal 110 tiene sensores espaciados o distribuidos a lo largo de él. Esto permite tomar y comparar un gran volumen de mediciones, mejorando la precisión de los datos recopilados. En este ejemplo, el conjunto de sensores 130 está distribuido a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 110. Alternativamente, el conjunto de sensores 130 puede estar distribuido solo en una porción del cuerpo longitudinal 110, por ejemplo en un solo segmento 120 o en segmentos alternos.

En general, los sensores 130a-c pueden estar separados por cualquier distancia adecuada dependiendo de la resolución de las mediciones requeridas a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 110. Por ejemplo, los sensores 130a-c pueden estar separados entre sí entre aproximadamente 0.5 m y aproximadamente 3 m a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 110, apropiadamente entre 1 m y 2 m.

Cada sensor 130a-c dentro del conjunto 130 está configurado para proporcionar información sobre la característica del terreno correspondiente a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno. En general, cada sensor 130a-c está configurado para proporcionar información sobre la característica del terreno en un número de niveles de elevación a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno. Es decir, cada sensor 130a-c puede proporcionar información de forma continua o intermitente sobre el terreno circundante a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno.

La información proporcionada por cada sensor 130a-c puede corresponder a un nivel de elevación específico (es decir, una profundidad específica desde la superficie del terreno) o a lo largo de un nivel de elevación (es decir, a lo largo de una capa o banda de profundidad del terreno, por ejemplo, entre 10 y 11 m desde la superficie del terreno).

El suministro de información por un sensor 130a-c puede estar asociado con la activación del sensor 130a-c en un momento dado (por ejemplo, a intervalos a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno).

El primer conjunto de sensores 130 son sensores de fricción 130a-c. Los sensores de fricción pueden ser sensores que miden la fricción localmente o indirectamente a través de la medición y comparación de

información en más de una ubicación en el elemento de prueba. Por ejemplo, los sensores de fricción 130a-c pueden ser fundas que miden la fricción localmente, extendiéndose las fundas circunferencialmente alrededor de una porción de la superficie exterior del cuerpo longitudinal. En otros ejemplos, los sensores de fricción 130a-c pueden medir el aumento de la carga axial o compresiva a lo largo de un intervalo de longitud del cuerpo longitudinal (por ejemplo, a lo largo de intervalos de 1 m o menos), lo que permite estimar la fricción de la pared (incluidos los componentes inerciales). Por ejemplo, cada sensor de fricción puede ser al menos un extensómetro configurado para medir el aumento de la tensión/deformación compresiva debido a la fricción del árbol.

El segundo conjunto de sensores 140 puede incluir uno de los sensores de presión de agua configurados para determinar la presión de agua intersticial y/o sensores de aceleración configurados para determinar la aceleración del elemento de prueba en el terreno. En otros ejemplos, el elemento de prueba puede incluir un único conjunto de uno de los sensores de fricción/sensores de presión de agua/sensor de aceleración o el número de conjuntos que incluyan cualquier combinación de dichos sensores. En algunos ejemplos, el extremo de penetración 114 puede incluir un sensor de punta configurado para medir la resistencia de la punta del extremo de penetración 114.

El elemento de prueba 100 puede incluir una memoria para recopilar y almacenar la información generada por los sensores de uno o más conjuntos de sensores hasta que se extrae el elemento de prueba 100. Los sensores están configurados para enviar la información sobre la característica del terreno a un controlador, por ejemplo a través de una línea de comunicación ubicada dentro del elemento de prueba. De esta manera, el elemento de prueba 100 puede ser monitorizado durante el proceso de introducción. La figura 3 ilustra un ejemplo de un sistema de prueba 360 que incluye un elemento de prueba 100 y un medio de introducción 370. La figura 4 ilustra una vista ampliada de la figura 3. El medio de introducción 370 está configurado para proporcionar una fuerza de introducción al elemento de prueba 100 para introducir el extremo de penetración 114 del elemento de prueba 100 en el terreno 380. En este ejemplo, el medio de introducción 370 es un ensamblaje de introducción de pilotes (descrito más adelante).

En los ejemplos en los que el cuerpo longitudinal 110 es un componente de una sola pieza, el elemento de prueba 100 puede extenderse dentro del ensamblaje de introducción de pilotes (por ejemplo, parcialmente dentro del martillo del ensamblaje). Como tal, el elemento de prueba 100 es soportado lateralmente por el martillo durante la introducción. En los ejemplos en los que el cuerpo longitudinal 110 está formado por una pluralidad de segmentos 120, el cuerpo longitudinal 110 puede ensamblarse debajo del ensamblaje de introducción de pilotes durante la introducción. Por ejemplo, un primer segmento 120 puede introducirse parcialmente en el terreno. Una vez que este segmento 120 ha penetrado lo suficiente en el terreno, se une un segmento adicional a un extremo del primer segmento para introducirlo posteriormente en el terreno. Como tal, la fuerza siempre se ejerce sobre el elemento de prueba 100 cerca del nivel del terreno para evitar el pandeo del elemento de prueba 100.

Durante una operación de prueba, el medio de introducción 370 del sistema de prueba 360 proporciona una fuerza de introducción al elemento de prueba 100. El extremo de penetración 114 del elemento de prueba 100 se introduce hasta una primera profundidad del terreno como resultado de la fuerza de introducción. A medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno 380 hasta la primera profundidad del terreno, el cuerpo longitudinal 110 también está parcialmente presente en el terreno 380. Para llegar a la primera profundidad del terreno, al menos uno de los sensores 130 se introduce por debajo de la superficie del terreno. Durante la introducción hasta la primera profundidad del terreno, el primer sensor puede proporcionar información sobre la característica del terreno en cualquier número de niveles de elevación (en o a través de al menos un nivel de elevación).

El medio de introducción 370 proporciona entonces una fuerza de introducción al elemento de prueba 100 para introducir aún más el extremo de penetración 114 del elemento de prueba 100 en el terreno 380 hasta una segunda profundidad del terreno (la segunda profundidad del terreno está más alejada de la superficie que la primera profundidad del terreno). A medida que el elemento de prueba 100 se introduce aún más en el terreno 380 hasta la segunda profundidad del terreno, un segundo/otro sensor (ubicado más alejado del extremo de penetración 114 en relación con el primer sensor) puede proporcionar información sobre, o determinar, la característica del terreno en o a través de los mismos niveles de elevación que el primer sensor.

En otras palabras, a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno, los sensores sucesivos dentro de un conjunto de sensores (en términos de su posición longitudinal a lo largo del cuerpo longitudinal) pueden proporcionar información sobre, o determinar, la característica del terreno en o a través de un nivel de elevación. De esta manera, se pueden lograr múltiples lecturas de una característica del terreno en un nivel de elevación particular utilizando un elemento de prueba 100 (es decir, las múltiples lecturas correspondientes a múltiples sensores), mientras se tiene en cuenta el efecto que el elemento de prueba podría tener en el terreno.

De ello se deduce que se pueden lograr múltiples lecturas en múltiples niveles de elevación a medida que el elemento de prueba se introduce en el terreno. Es decir, un sensor puede determinar la característica del terreno en múltiples niveles de elevación, con sensores posteriores que determinan la característica del terreno

en dichos niveles de elevación. Como tal, se puede determinar un perfil de la característica del terreno con la profundidad y se pueden monitorizar los cambios en este perfil asociados con la introducción del elemento de prueba en el terreno.

En algunos ejemplos, las fuerzas de introducción aplicadas por los medios de introducción para introducir el elemento de prueba 100 a una primera y una segunda profundidad de terreno pueden ser parte de una única introducción continuo o golpe desde los medios de introducción 370. Alternativamente, las fuerzas de introducción aplicadas por los medios de introducción para introducir el elemento de prueba 100 a una primera y una segunda profundidad de terreno pueden resultar de golpes separados y distintos, por ejemplo una pluralidad de impactos. Específicamente, se puede aplicar una primera fuerza de introducción para introducir el elemento de prueba 100 a una primera profundidad de terreno y se puede aplicar una segunda fuerza de introducción para introducir aún más el elemento de prueba 100 a una segunda profundidad de terreno.

El (o un) controlador puede estar configurado para recibir y comparar la información proporcionada por los sensores 130 sobre la característica del terreno. Es decir, la relación entre la característica del terreno y la profundidad determinada a partir de la información proporcionada por un primer sensor puede compararse con la misma relación determinada a partir de la información proporcionada por uno o más sensores posteriores. Como tal, el terreno puede caracterizarse adecuadamente teniendo en cuenta los efectos de la interacción del elemento de prueba/pilote durante la introducción.

Por ejemplo, en aspectos de la invención, el controlador está configurado para determinar el cambio en la resistencia de introducción del elemento de prueba 100 a medida que el elemento de prueba 100 se introduce en el terreno. El cambio en la resistencia de introducción (u otra característica) puede utilizarse para informar sobre las operaciones de pilotes. Por ejemplo, el cambio en la resistencia de introducción puede utilizarse para predecir los niveles de energía/fuerza requeridos para introducir un pilote a una profundidad predeterminada y/o el número de golpes requeridos.

Por ejemplo, un método para determinar una respuesta de pilote durante la introducción puede incluir: proporcionar o seleccionar un elemento de prueba, a escala reducida a partir de un pilote; realizar una operación de prueba (como se describió anteriormente) en la que se calcula un perfil de una característica del terreno con una profundidad del terreno creciente y se determina el cambio en dicho perfil durante la introducción de dicho elemento de prueba; predecir una respuesta de pilote durante una operación de introducción a partir de la información proporcionada por la operación de prueba. Las predicciones pueden, por ejemplo, resultar de informar a un modelo 1d del pilote con la información proporcionada por la operación de prueba (opcionalmente, la información puede normalizarse y parametrizarse primero) y calcular o determinar la respuesta del pilote a partir del modelo.

Una vez que el elemento de prueba se ha introducido a una profundidad adecuada (por ejemplo, entre aproximadamente 20 m y aproximadamente 50 m, preferiblemente entre aproximadamente 20 m y aproximadamente 40 m, preferiblemente aproximadamente 30 m), el elemento de prueba 100 puede extraerse del terreno 380, de modo que se pueda introducir un monopilote en el terreno 380. El elemento de prueba 100 puede extraerse del terreno 380 utilizando cilindros hidráulicos que empujan o tiran del elemento de prueba 100 hacia arriba, por ejemplo.

Las figuras 5 a 6b ilustran otro ejemplo de un elemento de prueba 500 para determinar las características del terreno.

De la manera descrita para el elemento de prueba 100, el elemento de prueba 500 incluye un cuerpo longitudinal 510 que tiene un extremo de penetración (no mostrado). El elemento de prueba 500 puede tener dimensiones correspondientes a las descritas anteriormente para el elemento de prueba 100.

En este ejemplo, el elemento de prueba 500 incluye al menos dos sensores de rigidez lateral 540 espaciados entre sí a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 510 (solo se muestra uno). Cada uno de los sensores de rigidez lateral 540 puede medir la rigidez lateral del terreno circundante de modo que la rigidez lateral se pueda medir en una pluralidad de puntos a lo largo de la longitud del elemento de prueba 500.

Se puede utilizar cualquier número adecuado de sensores 540. Por ejemplo, puede haber 5, 10, 15, 20 o más sensores espaciados a lo largo de la longitud del elemento de prueba 500. En general, los sensores 540 pueden estar espaciados entre sí por cualquier distancia adecuada dependiendo de la resolución de las mediciones requeridas a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 510. Por ejemplo, los sensores pueden estar espaciados entre sí entre aproximadamente 0.5 m y aproximadamente 3 m a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal 110, apropiadamente entre 1 m y 2 m.

En este ejemplo, cada sensor de rigidez lateral 540 está posicionado dentro del cuerpo longitudinal 510, e incluye un elemento de sonda 542. El elemento de sonda 542 tiene una posición retraída (mostrada en la figura 6a) en la que el elemento de sonda 542 está alojado o contenido dentro del cuerpo longitudinal 510. En la posición retraída, el sensor de rigidez lateral 540 no sobresale de la periferia del cuerpo longitudinal 510. Esto permite una inserción suave del elemento de prueba 500 en el terreno.

Además, el elemento de sonda 542 es extensible en una dirección radialmente hacia afuera desde el cuerpo longitudinal 510 hasta una posición extendida (mostrada en la figura 6b). Cada sensor de rigidez lateral 540 incluye un elemento de activación 544 que está configurado para activar el elemento de sonda 542 entre la posición extendida y retraída. Se puede utilizar cualquier elemento de activación 544 adecuado. Por ejemplo, el elemento de activación puede ser una manga inflable dentro del elemento de prueba 500 que empuja el elemento de sonda 542 hacia afuera al inflarse. Alternativamente, el elemento de activación 544 puede ser un cilindro hidráulico.

Cada sensor de rigidez lateral 540 incluye medios de medición configurados para medir la fuerza requerida para mover el elemento de sonda 542 desde su posición retraída a su posición extendida (es decir, medir la fuerza requerida para mover la sonda una cantidad predeterminada) y/o medir la distancia por la cual el elemento de sonda sobresale del elemento de prueba 500 en su posición extendida (es decir, medir el desplazamiento resultante de una fuerza aplicada específica). Como tal, los medios de medición pueden calcular o determinar la rigidez lateral a partir de los valores de fuerza/desplazamiento medidos/predeterminados.

En uso, el elemento de prueba 500 es introducido por un medio de introducción hasta una profundidad predeterminada, por ejemplo (por ejemplo, entre aproximadamente 20 m y aproximadamente 50 m, preferentemente entre aproximadamente 20 m y aproximadamente 40 m, preferentemente aproximadamente 30 m).

Una vez en la profundidad predeterminada, los sensores de rigidez lateral 540 pueden activarse para determinar la rigidez lateral del terreno en niveles de elevación correspondientes a cada uno de los sensores de rigidez lateral 540. En algunos ejemplos, el sensor de rigidez lateral 540 también puede incluir un sensor de presión de agua integral (no mostrado) para determinar la presión de agua intersticial en dichos niveles de elevación.

Las múltiples mediciones de rigidez lateral a lo largo de la longitud del elemento de prueba 500 permiten calcular un perfil de la rigidez lateral del suelo con una profundidad creciente. Un perfil de este tipo se puede utilizar para modelar o predecir la capacidad lateral de un pilote en el terreno (es decir, la carga lateral distribuida que un pilote puede aplicar al terreno circundante sin comprometer la orientación del pilote o la integridad del pilote dentro del terreno). Por ejemplo, el perfil de rigidez lateral se puede utilizar para determinar la rigidez del pilote en el terreno. Esta rigidez es importante para determinar la frecuencia de la estructura de soporte, que debe estar dentro de un ancho de banda.

Por ejemplo, un método para determinar la respuesta de un pilote durante la introducción puede incluir: proporcionar o seleccionar un elemento de prueba, reducido a escala a partir de un pilote; realizar una operación de prueba (como se describió anteriormente) en la que se calcula un perfil de rigidez lateral con una profundidad de terreno creciente; predecir la respuesta del pilote a partir de la información proporcionada por la operación de prueba.

Las predicciones pueden resultar de informar a un modelo unidimensional del pilote con la información proporcionada por la operación de prueba (opcionalmente, la información se puede normalizar y parametrizar primero) y calcular o determinar la respuesta del pilote a partir del modelo.

El método puede incluir un paso de procesamiento adicional de la información proporcionada por la operación de prueba. Por ejemplo, la capacidad máxima/resistencia a la inclinación y el perfil de rigidez lateral se pueden utilizar para calcular el "terremoto" (es decir, la cantidad de deformación antes de que se produzca la deformación plástica).

En general, para los elementos de prueba 100, 500 descritos anteriormente, es ventajoso utilizar un sistema de introducción de pilotes de alta masa/baja aceleración. Es decir, en este ejemplo, se utiliza un martillo de alta masa para aplicar una gran fuerza al elemento de prueba a bajas aceleraciones (en comparación, por ejemplo, con un martillo convencional de baja masa/alta aceleración). Las aceleraciones inferiores reducen las tensiones en el elemento de prueba para ayudar a garantizar que los sensores (potencialmente frágiles) en el elemento de prueba no se dañen durante la introducción. Por ejemplo, se espera que los sensores de rigidez lateral 540 del elemento de prueba 500 no sobrevivan a las aceleraciones de los martillos de impacto convencionales. Dicho de otra manera, el uso de dichos introductores de pilotes permite utilizar un elemento de prueba con mayores capacidades de detección con un riesgo de daño inferior a dichos sensores durante la introducción.

Por ejemplo, se puede utilizar un ensamblaje de introducción de pilotes que utilice la tecnología TM de pilotaje BLUE.

En este ejemplo (como se ilustra en las figuras 3 y 4), el ensamblaje de introducción de pilotes 370 incluye una carcasa 372 que define una cámara, la cámara está configurada para albergar un fluido, por ejemplo agua. En otras palabras, la cámara proporciona un espacio generalmente sellado configurado para albergar y mantener un volumen de fluido en el mismo. La carcasa 372 puede incluir una válvula en una pared de la misma, acoplada a una fuente/depósito de fluido (por ejemplo, a través de una tubería o conducto) para permitir que la cámara

se llene antes o durante el uso. De esta manera, el ensamblaje puede transportarse al sitio de operación con una cámara vacía. La cámara puede luego llenarse hasta un nivel deseado in situ (ya sea antes de levantar la cámara o cuando se levanta y mientras se espera para liberarla). Se entendería que el "nivel deseado" puede determinarse para producir una energía de impacto predeterminada para introducir un pilote en el terreno.

5 El agua utilizada para llenar la cámara puede ser agua bombeada desde la ubicación en alta mar, por ejemplo, agua de mar.

En este ejemplo, el ensamblaje de introducción de pilotes 370 incluye además un medio de activación 374. En este ejemplo, el medio de activación 374 incluye al menos un activador, por ejemplo, un activador hidráulico o neumático.

10 En este ejemplo, los activadores 374 están acoplados tanto a una estructura de soporte 376 (por ejemplo, una grúa) como a la carcasa 372.

En este ejemplo, los activadores están ubicados en un extremo de la carcasa 372 que está distal al elemento de prueba 100. En particular, los activadores se extienden hacia abajo desde una porción de la estructura de soporte 376 hacia la carcasa 372 y están acoplados a un extremo superior de la carcasa 372.

15 En uso, la cámara se posiciona en una disposición coaxial con el elemento de prueba 100. La activación de los medios de activación 374 desplaza la carcasa/cámara 372 con respecto al elemento de prueba 100, de modo que la cámara se aleja del elemento de prueba 100. En este ejemplo, la activación de los activadores hace que la longitud activa de los activadores disminuya tirando de la carcasa 372 hacia arriba en dirección a un extremo superior de la estructura de soporte 376. Una activación adicional de los medios de activación 374 hace que los medios de activación 374 liberen la cámara de modo que la cámara se desplaza hacia el elemento de prueba 100. Como resultado, la cámara ejerce una fuerza sobre el elemento de prueba 100, para introducir de manera controlada el elemento de prueba hacia el terreno.

25 En general, resulta ventajoso que el ensamblaje de introducción de pilotes utilizado para introducir el elemento de prueba en el terreno sea de la misma configuración o tipo que el utilizado para realizar las operaciones de pilotaje posterior (es decir, las operaciones de pilotaje posterior que utilizan la caracterización del terreno obtenida utilizando el elemento de prueba). Esto garantiza que las condiciones del suelo o el cambio de las condiciones del suelo durante la introducción se repliquen lo mejor posible entre las operaciones de prueba y las operaciones de pilotaje.

30 Por ejemplo, el ensamblaje de introducción de pilotes utilizado para las operaciones de prueba puede ser una versión generalmente a escala reducida del ensamblaje de introducción de pilotes utilizado para las operaciones de pilotaje. Por ejemplo, un ensamblaje de introducción de pilotes "a escala real" utilizado para las operaciones de pilotaje puede incluir una cámara con un volumen capaz de contener de aproximadamente 1000 a 5000 toneladas de agua (adecuado para introducir monopilotes de un diámetro de aproximadamente 6 a 15 metros en el terreno). Cuando la cámara está llena de agua, la masa total de la carcasa (incluida el agua que contiene) puede ser al menos 8 veces mayor que la masa de un martillo introducido típico utilizado para operaciones de pilotaje (adecuadamente entre 8 y 12 veces mayor). Por ejemplo, la masa de un martillo hidráulico de impacto grande puede ser de aproximadamente 200 a aproximadamente 270 toneladas, mientras que la masa total de una carcasa con agua puede ser de aproximadamente 2700 toneladas.

40 Un ensamblaje "reducido" utilizado para las operaciones de prueba puede tener dimensiones reducidas en una proporción de aproximadamente 1:50 a aproximadamente 1:200, apropiadamente 1:100.

45 Resulta ventajoso que el ensamblaje de introducción de pilotes utilizado para las operaciones de pilotaje (y, por lo tanto, también para introducir el elemento de prueba en el terreno) produzca un bajo nivel de vibraciones durante el uso (por ejemplo, en relación con un martillo vibratorio). Por ejemplo, el uso de un martillo vibratorio en las operaciones de pilotaje alteraría las características del terreno durante el proceso de introducción, reduciendo la aplicabilidad de las mediciones obtenidas por el elemento de prueba.

Modificaciones

50 La fuerza de introducción puede transferirse al elemento de prueba 100, 500 de cualquier manera adecuada (dicho de otro modo, el cuerpo longitudinal del elemento de prueba puede configurarse para recibir una fuerza de introducción de los medios de introducción de cualquier manera adecuada). Por ejemplo, el elemento de prueba puede incluir un extremo de introducción, o porción de introducción, configurado para recibir una fuerza de introducción de los medios de introducción (es decir, un golpe de un martillo).

55 De manera ventajosa, la fuerza de introducción se transfiere al elemento de prueba 100, 500 de una manera que minimiza el riesgo de que el elemento de prueba se deforme durante la introducción. Por ejemplo, el elemento de prueba puede incluir un tope, saliente o pasador extraíble que se extiende lateralmente desde el elemento de prueba. El ensamblaje de introducción de pilotes puede aplicar una fuerza al tope que introduce el elemento de prueba hacia abajo. El tope puede estar ubicado inicialmente a una distancia predeterminada por encima del terreno. Específicamente, la distancia predeterminada puede ser lo suficientemente grande

como para permitir que el elemento de prueba se introduce hacia abajo (sin que el tope entre en contacto con el terreno) pero también lo suficientemente pequeña como para minimizar la longitud sin soporte del elemento de prueba entre el tope y el terreno para reducir la probabilidad de pandeo. Es decir, la introducción de la carga se realiza lo más cerca posible del terreno. A medida que el tope se acerca al terreno, el tope puede extraerse y reinsertarse en una posición diferente para impactos adicionales.

Alternativa (o adicionalmente), el sistema de prueba puede incluir además un ensamblaje de sujeción (por ejemplo, como parte del ensamblaje de introducción de pilotes) configurado para engancharse con el elemento de prueba en una posición próxima al terreno. El ensamblaje de sujeción puede proporcionar soporte lateral a la porción no soportada del elemento de prueba durante la introducción o la fuerza de introducción puede transferirse al elemento de prueba a través del ensamblaje de sujeción.

Los elementos de prueba 100, 500 pueden estar hechos de cualquier material adecuado, por ejemplo, un acero inoxidable de alta calidad.

En algunos ejemplos, el elemento de prueba puede incluir dispositivos de muestreo de suelo, para recolectar porciones de prueba del terreno para un análisis posterior. El elemento de prueba puede incluir equipo configurado para detectar municiones sin explotar. El elemento de prueba puede incluir equipo de detección configurado para detectar rocas dentro del terreno.

Será evidente para una persona experta en la técnica que las características descritas en relación con cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente pueden aplicarse de manera intercambiable entre las diferentes realizaciones. Las realizaciones descritas anteriormente son ejemplos para ilustrar diversas características de la invención. Por ejemplo, a partir de esta divulgación se prevé un elemento de prueba que combina aspectos del elemento de prueba 100 (por ejemplo, al menos un conjunto de sensores de fricción u otros sensores para determinar información durante la introducción) y el elemento de prueba 500 (por ejemplo, al menos dos sensores de rigidez lateral para determinar la rigidez lateral in situ). Es decir, se puede utilizar una pluralidad de sensores de rigidez lateral como se describe en la Figura 5 como un segundo o tercer conjunto de sensores en el elemento de prueba 100. De esta manera, se puede proporcionar un elemento de prueba que puede medir tanto las características cambiantes del suelo durante la introducción como el perfil de rigidez lateral in situ.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, las expresiones "comprender" y "contener" y variaciones de las mismas significan "que incluye, pero no se limita a", y no pretenden (y no excluyen) otras fracciones, aditivos, componentes, números enteros o pasos. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se utiliza el artículo indefinido, la especificación debe entenderse como que contempla la pluralidad así como la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

Las características, números enteros, características, compuestos, fracciones químicas o grupos descritos junto con un aspecto, realización o ejemplo particular de la invención deben entenderse como aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito en este documento a menos que sean incompatibles con ellos. Todas las características divulgadas en esta especificación (incluyendo cualquier reivindicación, resumen y dibujos adjuntos), y/o todos los pasos de cualquier método o proceso divulgado de esta manera, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto combinaciones en las que al menos algunas de dichas características y/o pasos sean mutuamente excluyentes. La invención no está restringida a los detalles de ninguna de las realizaciones anteriores.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de prueba (360) para determinar las características del terreno, el sistema de prueba (360) que comprende;

un medio de introducción (370); y
- 5 un elemento de prueba (100) que comprende:

un cuerpo longitudinal (110) configurado para recibir una fuerza de introducción del medio de introducción (370) y un extremo de penetración (114); y

un conjunto de dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) intercalados a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal (110), estando configurado cada uno de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) para proporcionar información sobre una característica del terreno, en donde el conjunto de dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) comprende un primer sensor de fricción espaciado a una primera distancia del extremo de penetración (114) y un segundo sensor de fricción espaciado a una segunda distancia, mayor, del extremo de penetración (114);

en donde, en uso, el medio de introducción (370) está configurado para:
- 15 proporcionar una fuerza de introducción al elemento de prueba (100) para introducir el extremo de penetración (114) del elemento de prueba (100) en el terreno hasta una primera profundidad del terreno, en donde el primer sensor de fricción de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) proporciona información sobre la característica del terreno a un nivel de elevación específico a medida que el elemento de prueba (100) se introduce en el terreno hasta la primera profundidad del terreno; y
- 20 proporcionar una fuerza de introducción al elemento de prueba (100) para introducir aún más el extremo de penetración (114) del elemento de prueba (100) en el terreno hasta una segunda profundidad del terreno, en donde el segundo sensor de fricción de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) proporciona información sobre la característica del terreno en el nivel de elevación específico a medida que el elemento de prueba (100) se introduce aún más en el terreno hasta la segunda profundidad del terreno;
- 25 caracterizado porque el sistema de prueba comprende además un controlador, estando configurado el controlador para recibir y comparar la información proporcionada por el primer y segundo sensores de fricción acerca de la característica del terreno en el nivel de elevación específico y para determinar el cambio en la resistencia a la introducción del elemento de prueba (100) a medida que el elemento de prueba (100) se introduce hacia el terreno.
- 30 2. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de prueba (100) comprende al menos un conjunto adicional de dos o más sensores (140a, 140b, 140c) intercalados a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal (110), estando configurado cada uno de los dos o más sensores (140a, 140b, 140c) para proporcionar información acerca de una característica adicional del terreno.
- 35 3. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en la reivindicación 2, en donde los dos o más sensores (140a, 140b, 140c) del conjunto adicional de sensores son sensores de presión de agua.
4. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en donde el medio de introducción (370) es un ensamblaje de introducción de pilotes.
- 40 5. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en la reivindicación 4, en donde el ensamblaje de introducción de pilotes es un ensamblaje de introducción de pilotes continuo o discontinuo.
6. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en donde el sistema comprende además un ensamblaje de sujeción y/o un tope unido de forma extraíble al elemento de prueba (100), en donde la fuerza de introducción se transfiere al elemento de prueba (100) a través del ensamblaje de sujeción o tope.
- 45 7. Un sistema de prueba (360) como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en donde el ensamblaje de introducción de pilotes comprende:

una carcasa (372) que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y

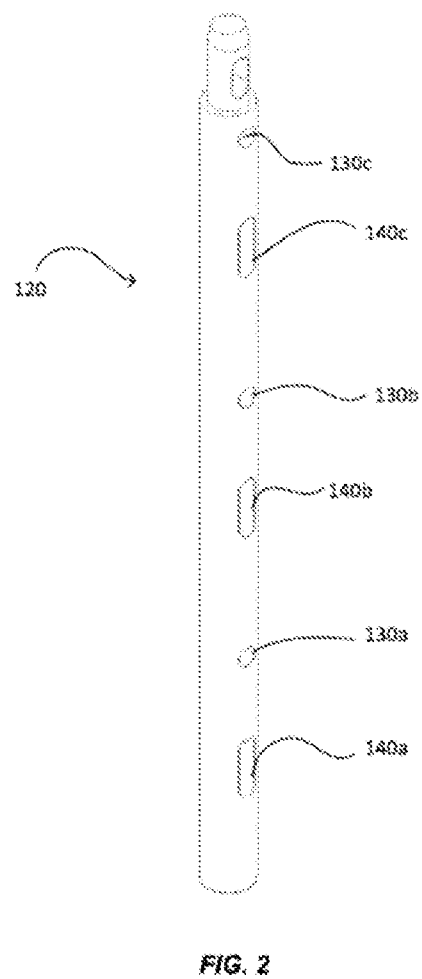
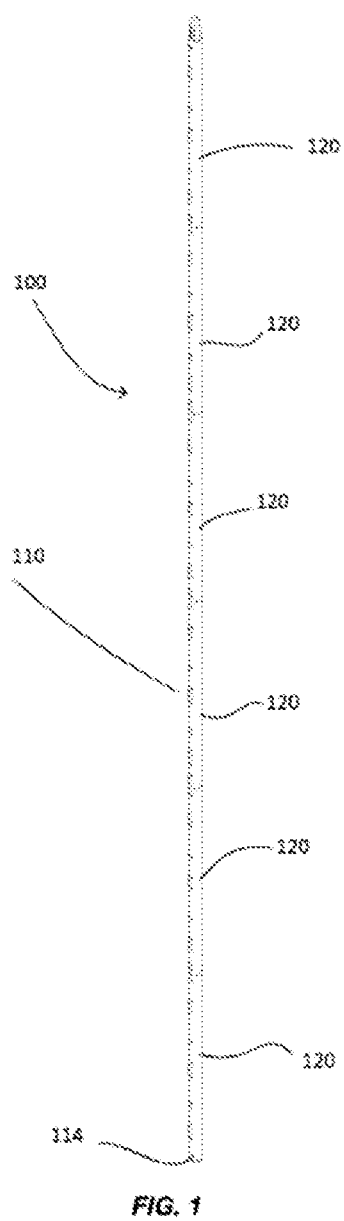
medios de activación (374) acoplados a la cámara,

en donde la activación de los medios de activación (374) desplaza la cámara con respecto al elemento de prueba (100), de modo que la cámara se aleja del elemento de prueba (100), y
- 50

en donde los medios de activación (374) están configurados para liberar la cámara para desplazarla hacia el elemento de prueba (100) de modo que la cámara ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba, para introducir de manera controlada el elemento de prueba (100) hacia el terreno.

8. Un método para determinar las características del terreno, en donde el método comprende:

- 5 proporcionar un medio de introducción (370);
proporcionar un elemento de prueba (100) que comprende:
un cuerpo longitudinal (110) configurado para recibir una fuerza de introducción del medio de introducción (370) y un extremo de penetración (114); y
un conjunto de dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) espaciados entre sí a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal (110), estando configurado cada uno de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) para proporcionar información sobre una característica del terreno, en donde el conjunto de dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c) comprende un primer sensor de fricción espaciado a una primera distancia del extremo de penetración (114) y un segundo sensor de fricción espaciado a una segunda distancia, mayor, del extremo de penetración (114);
- 15 proporcionar una fuerza de introducción al elemento de prueba (100) con los medios de introducción (370), para introducir el extremo de penetración (114) del elemento de prueba (100) en el terreno hasta una primera profundidad de terreno;
determinar, utilizando el primer sensor de fricción de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c), información sobre la característica del terreno a un nivel de elevación específico a medida que el elemento de
20 prueba (100) se introduce en el terreno hasta la primera profundidad de terreno; y
proporcionar una fuerza de introducción al elemento de prueba (100) con los medios de introducción (370), para introducir aún más el extremo de penetración (114) del elemento de prueba (100) en el terreno hasta una segunda profundidad de terreno,
determinar, utilizando el segundo sensor de fricción de los dos o más sensores de fricción (130a, 130b, 130c), información sobre la característica del terreno en el nivel de elevación específico a medida que el elemento de
25 prueba (100) se introduce aún más en el terreno hasta la segunda profundidad de terreno,
caracterizado porque el método comprende determinar el cambio en la resistencia en la introducción al elemento de prueba (100) a medida que el elemento de prueba (100) se introduce en el terreno a partir de la información proporcionada por el primer y el segundo sensor de fricción.
- 30 9. Un método como se reivindica en la reivindicación 8, que comprende además determinar, utilizando al menos un conjunto adicional de dos o más sensores (140a, 140b, 140c) intercalados a lo largo de la longitud del cuerpo longitudinal (110), información sobre una característica adicional del terreno.
10. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en donde el método comprende además el paso de extraer el elemento de prueba (100) del terreno.
- 35 11. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde el medio de introducción (370) comprende:
una carcasa (372) que define una cámara, estando configurada la cámara para alojar un fluido; y
medios de activación (374) acoplados a la cámara,
en donde el método comprende además los pasos de:
40 proporcionar al ensamblaje de introducción de pilotes con la cámara en una disposición coaxial con el elemento de prueba (100);
activar los medios de activación (374) de manera que la cámara se aleje del elemento de prueba (100); y
activar además los medios de activación (374) para liberar la cámara de manera que la cámara se desplace hacia el elemento de prueba (100) y ejerza una fuerza sobre el elemento de prueba (100), para introducir de
45 manera controlada el elemento de prueba (100) hacia el terreno.



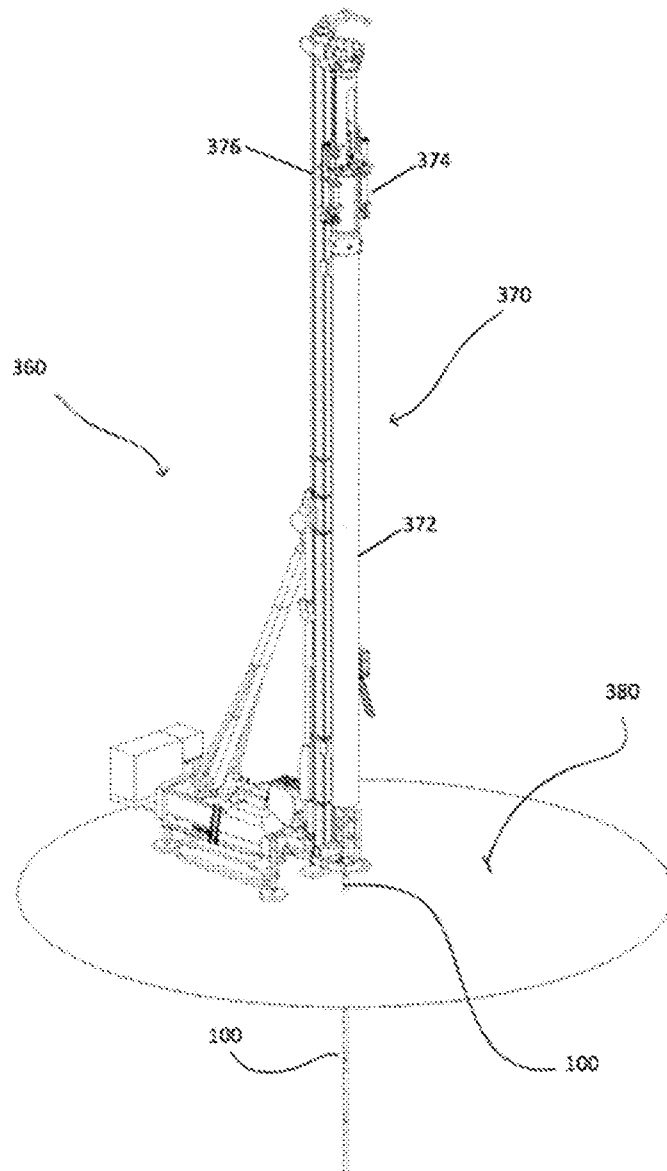


FIG. 3

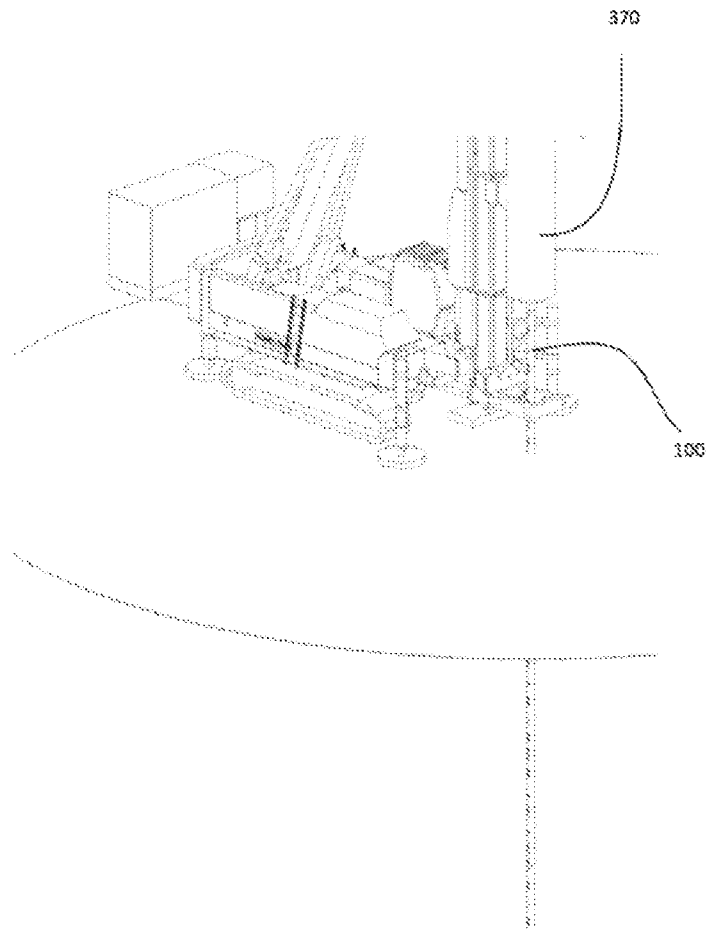


FIG. 4

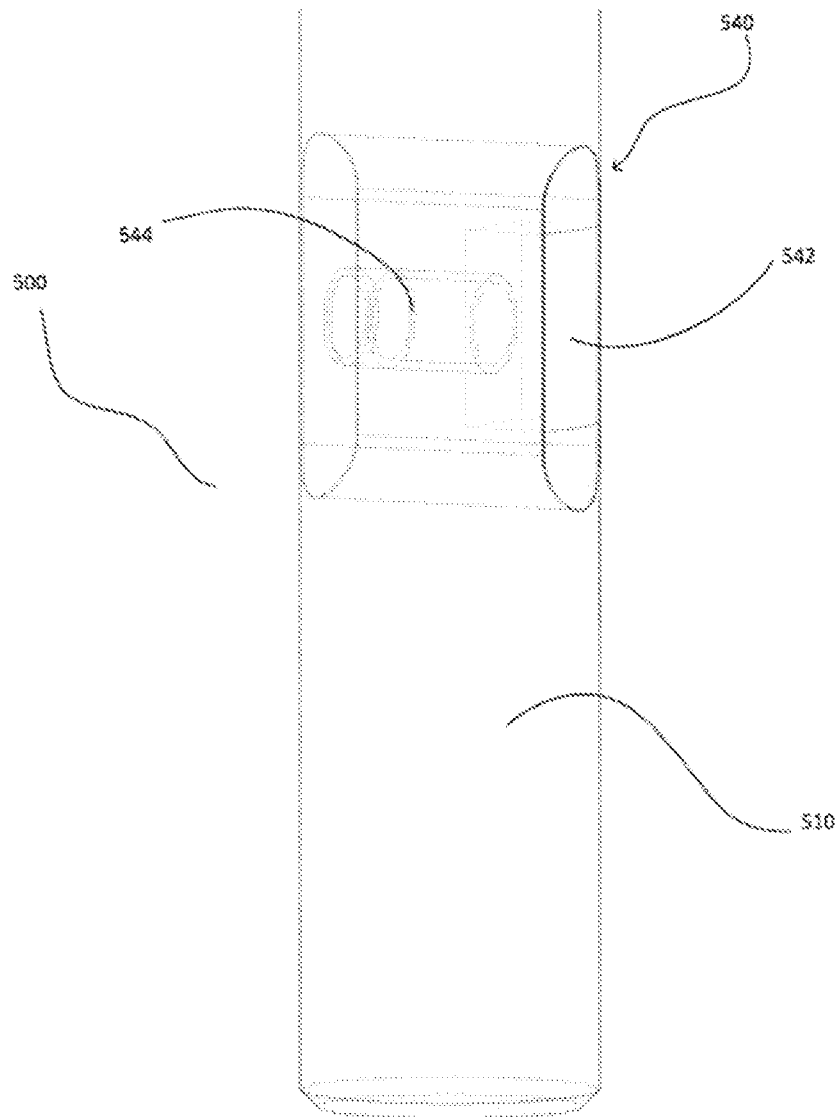


FIG. 5

